

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 1 月 2 6 日  
Date of Application:

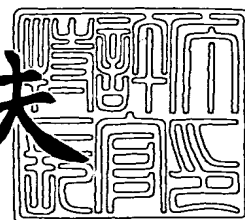
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 4 2 6 9 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 4 2 6 9 5 ]

出      願      人                      株式会社半導体エネルギー研究所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月    2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P006752

【提出日】 平成14年11月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 前川 慎志

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 宮入 秀和

【特許出願人】

    【識別番号】 000153878

    【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

    【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002543

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する金属元素を添加した後加熱により結晶化し、前記結晶化した半導体膜に連続発振のレーザ光を照射し、前記レーザを照射した結晶性半導体膜の上部を除去することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記連続発振のレーザ光を照射した結晶性半導体膜の上部は、金属元素を含む半導体膜の領域であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する金属元素を添加した後加熱により結晶化し、前記結晶化した半導体膜に連続発振のレーザ光を照射し、前記レーザを照射した結晶性半導体膜の金属元素濃度が SIMS（二次イオン質量分析法）の検出下限となるように除去することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、前記 SIMS（二次イオン質量分析法）の検出限界濃度は、 $1 \times 10^{-17} / \text{cm}^3$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記連続発振のレーザ光を照射した結晶性半導体膜の上部を、ウエットエッチング法により除去することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記連続発振のレーザ光を照射した結晶性半導体膜の上部を、CMP（Chemical Mechanical Polishing、化学的・機械的ポリッシング）法により除去することを特徴とする半導体装置の作

製方法。

**【請求項 7】**

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記連続発振のレーザ光を照射した結晶性半導体膜の上部を、ドライエッチング法により除去することを特徴とする半導体装置の作製方法。

**【請求項 8】**

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記連続発振のレーザ光は、連続発振の Nd:YAG レーザ、Nd:YVO<sub>4</sub> レーザ、Nd:YLF レーザ、Nd:YAlO<sub>3</sub> レーザ、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライドレーザー、または Ti:サファイアレーザーから発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

**【請求項 9】**

請求項 8 において、前記レーザ光は、第 2 高調波又は第 3 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

**【請求項 10】**

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記連続発振のレーザ光は、連続発振のエキシマレーザー、Ar レーザーまたは Kr レーザーから発振されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、結晶構造を有する半導体を用いた半導体装置の作製方法、より具体的には結晶性半導体膜を用いた薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、電界放出素子等に関する。

**【0002】**

**【従来技術】**

同一の基板上に、結晶性半導体膜を用いた半導体素子、代表的には、薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、電界放出素子等を用いて形成された駆動回路と画素部を有する半導体回路、電気光学装置、発光装置およびそれらを用いた電子機器

が盛んに製造されてきている。半導体素子の活性層として半導体膜が用いられ、なかでも活性層に、結晶性珪素膜を用いることで高い電界効果移動度を実現してきた。

#### 【0003】

特に、薄膜トランジスタの電気特性を決める要素は、半導体膜の品質に依存している。特に電界効果移動度は、半導体膜の結晶性に依存しており、電界効果移動度は、薄膜トランジスタの応答特性や、薄膜トランジスタを回路に用いて作製した表示装置の表示能力に直接関わってくる。

#### 【0004】

現在、電気特性の高い薄膜トランジスタを形成するため、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜に対し、熱アニール法、レーザアニール法、又は熱アニール法とレーザアニール法の両方を行って、非晶質半導体膜の結晶性を向上させる技術、さらには結晶性半導体膜を形成する技術が広く研究されている。

#### 【0005】

しかし、プラズマCVD法やスパッタ法で形成した非晶質半導体膜に熱アニール法やレーザアニール法を用いて結晶性半導体膜を形成すると、その結晶方位は任意な方向に配向しやすく、結晶方位を制御することが困難である。このため、熱アニール法やレーザアニール法によって結晶化した結晶性半導体膜を薄膜トランジスタの活性層に用いることは、薄膜トランジスタの電気特性を制限する要因となっている。

#### 【0006】

非晶質半導体膜の結晶化方法の一つとして、特許文献1（特開平7-183540号公報）に記載されている方法が挙げられる。この結晶化方法を以下に簡単に説明する。はじめに、非晶質半導体膜に微量の金属元素、代表的には、ニッケル、鉄、コバルト、パラジウム又は白金等を添加する。なお、前記金属元素の添加方法は、プラズマ処理、蒸着法、イオン注入法、スパッタ法又は溶液塗布法を利用すればよい。その後、前記非晶質半導体膜を低温、例えば550℃の窒素雰囲気中で加熱すると、金属元素と半導体膜の元素との化合物（代表的には、ニッケルシリサイド、鉄シリサイド、コバルトシリサイド、白金シリサイド、パラジ

ウムシリサイド等)を核とする結晶化反応が起こり、結晶性半導体膜が形成される。

#### 【0007】

この方法により結晶化した半導体膜は、結晶方位の配向性を単一方向に高めるとともに、大粒径の結晶粒で構成される半導体膜を形成することが可能であることが確認されている。更には、結晶粒内の欠陥が少ないことも確認されている。このため、キャリアの移動方向を形成された結晶粒の延在する方向と揃うように配置すれば、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができる。よって、オン電流値(薄膜トランジスタがオン状態にある時に流れるドレイン電流値)、オフ電流値(薄膜トランジスタがオフ状態にある時に流れるドレイン電流値)、しきい値電圧、S値及び電界効果移動度のバラツキを低減することも可能となり、電気的特性が著しく向上する。なお、非晶質半導体膜の結晶化に適切な加熱温度や加熱時間等は、前記金属元素の添加量や非晶質半導体膜の状態による。

#### 【0008】

しかし、前記金属元素を非晶質半導体膜に添加するため、半導体膜中あるいは膜表面には該金属元素(半導体膜がシリコンの場合は、金属元素のシリサイド化合物、代表的には、ニッケルシリサイド、鉄シリサイド、コバルトシリサイド、白金シリサイド、パラジウムシリサイド等として存在する。)が残存してしまう。この残存した金属元素が、リーク電流のパスとなり薄膜トランジスタのオフ電流が増加し、薄膜トランジスタ素子間での電気特性のバラツキの原因となるなどの問題がある。このため、非晶質半導体膜を結晶化した後、半導体膜中の金属元素の除去、または金属元素の濃度を低減する工程(以下、ゲッタリング工程と示す)が必要である。

#### 【0009】

そこで、本出願人は、結晶性半導体膜中の金属元素を除去する方法を特許文献2、特許文献3、特許文献4および特許文献5にそれぞれ開示した。

#### 【0010】

特許文献2においては、非晶質半導体膜上に半導体の結晶性を促進させる金属

元素を含む溶液を塗布し、加熱して結晶性半導体膜を形成した後、塩酸を含む溶液を用いてニッケルシリサイドをエッチングすることで、半導体膜中のニッケル(珪化ニッケル)を除去する工程が開示されている。

#### 【0011】

特許文献3では、非晶質半導体膜上に半導体の結晶性を促進させる金属元素を含む溶液を塗布し、加熱することで結晶性半導体膜を形成し、パルス発振のエキシマレーザを照射して結晶化を促進させた後、任意の形状に半導体膜をエッチングする工程が開示されている。

#### 【0012】

特許文献4においては、薄膜トランジスタのソース領域及びド레인領域に燐を添加し、450～700℃で加熱することにより、薄膜トランジスタのチャネル形成領域から半導体膜の結晶化促進の金属元素を除去する方法が開示されている。

#### 【0013】

さらに、特許文献5においては、結晶性半導体膜(本段落において、以下、半導体膜Aと示す。)上に酸化珪素膜等で形成されたバリア層を介して、 $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ のアルゴン等の希ガス元素を含む半導体膜(本段落において、以下、半導体膜Bと示す。)を形成し、加熱処理することにより、半導体膜Aから半導体膜Bに結晶化促進の金属元素を移動させ、この後、半導体膜Bを除去することで、薄膜トランジスタの結晶性半導体膜(半導体膜A)から金属元素を除去する方法が開示されている。

#### 【0014】

##### 【特許文献1】

特開平7-183540号公報(第7～8頁、第3図)

##### 【特許文献2】

特許3107941(第3～5頁、第3図)

##### 【特許文献3】

特開平7-161634号公報(第7～8頁、第3図)

##### 【特許文献4】

特開平 1 0 - 3 3 5 6 7 2 号公報(第 4 ~ 7 頁、第 1 図、第 2 図)

【特許文献 5】

特開 2 0 0 2 - 3 2 4 8 0 8 (第 7 ~ 1 0 頁、第 1 図、第 2 図)

【0 0 1 5】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、特許文献 2 に開示されている金属元素のゲッタリング工程では、半導体膜中の金属化合物、代表的にはニッケルシリサイドのみを除去するため、別途表面の凹凸を平坦化する為の工程（レーザ照射等）が必要とされる。また、ここで除去することが可能なニッケルシリサイドは、半導体膜表面に析出しているもののみであり、半導体膜中にあるニッケルシリサイドを除去することができないという問題があった。

【0 0 1 6】

また、特許文献 3 では、非晶質半導体膜を加熱した後に、結晶化を促進するために照射するレーザの種類は、エキシマレーザ等のパルス発振のレーザである。パルス発振のレーザから射出されるレーザ光は、エネルギー密度が低いため、レーザ光の照射により熔融される半導体膜の領域は、半導体膜中の非晶質の部分及び表面である。このため、レーザ光を照射しても、半導体膜中の結晶性を有する領域は熔融されず、その領域における金属化合物、代表的には、ニッケルシリサイドが残存するという問題があった。

【0 0 1 7】

更に、特許文献 4 及び特許文献 5 に開示されている、金属元素のゲッタリング方法は、工程数が多いため、歩留まりの低下の原因となるという問題があった。

【0 0 1 8】

本発明は、このような問題を解決するための手段であり、金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜から工程数を増やさず、効果的に金属元素を除去する技術を提供することを目的とする。

【0 0 1 9】

【課題を解決するための手段】

本発明は、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に結晶



化を促進する金属元素を添加した後加熱により結晶化し、前記結晶化した半導体膜に連続発振のレーザ光を照射し、前記レーザを照射した結晶性半導体膜の上部を除去することを特徴とする。

なお、前記レーザを照射した半導体膜の上部とは、金属元素が偏析した領域を含む半導体膜の一部である。

本発明は、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する金属元素を添加した後加熱により結晶化し、前記結晶化した半導体膜に連続発振のレーザ光を照射し、前記レーザを照射した結晶性半導体膜の金属元素濃度がSIMS（二次イオン質量分析法）の検出下限となるように除去することを特徴とする。

なお、前記SIMS（二次イオン質量分析法）の検出限界濃度は、 $1 \times 10^{-17} / \text{cm}^3$ である。

また、前記レーザ光を照射した半導体膜の除去する方法には、ウエットエッチング、ドライエッチング、又はCMP法（Chemical Mechanical Polishing、化学的・機械的ポリッシング）による研磨などを用いる。

このときのレーザ光は、半導体膜に吸収される波長域、即ち波長100～600nmである連続発振レーザー光を適用する。レーザー発振装置としては、気体レーザー発振装置、固体レーザー発振装置が適用される。気体レーザー発振装置としては、He-Ne、Ar等を使用したレーザ発振装置、固体レーザー発振装置としてはYAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub>などの結晶にCr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti又はTmをドープした結晶を使ったレーザー発振装置を適用する。なお、固体レーザー発振装置においては、基本波の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。

これらのレーザを用いる場合には、レーザ発振器から放射されたレーザビームを光学系で線状に集光し半導体膜に照射する方法を用いると、短時間で基板全体にレーザ光を照射することができるので効果的である。

#### 【0020】

本発明人は、金属元素を添加して加熱して形成した結晶性半導体膜に、連続発振のレーザ光を照射することにより、結晶性半導体膜の表面に金属元素を偏析さ

せることを見出した。図4に、本発明を適応した半導体膜の金属元素、具体的にはニッケル元素の濃度をSIMS（二次イオン質量分析法）を用いて測定した結果を示す。

測定に用いた試料の構造は、以下のようにガラス基板上に各層を積層したものである。試料の構造を以下に示す。

試料構造「Glass//SiN<sub>0</sub> 50nm/SiO<sub>N</sub> 100nm/poly Si 150nm/cap a-Si 50nm」（ガラス基板／酸化窒化珪素膜50nm／窒化酸化珪素膜100nm／結晶性珪素膜（活性層、図4におけるpoly-Si領域）150nm／非晶質珪素膜（保護層、図4におけるcap a-Si領域）50nm）

なお、窒化酸化珪素および酸化窒化珪素膜は、公知の技術により成膜したものである。結晶性珪素膜は、公知の方法により形成した非晶質珪素膜上に、ニッケルを含む溶液（ニッケル濃度：10ppm）を塗布し、加熱することにより形成したものである。その後、保護層として、非晶質珪素膜を成膜する。

#### 【0021】

また、SIMS（二次イオン質量分析法）の測定において、トランジェント領域（一時照射イオンと試料表面からスパッタされる量が平衡に達するまでの領域）や試料の表面状態により、初期測定のプロファイルに不確かさを伴う。このため、保護層である非晶質半導体膜を設ける。

#### 【0022】

ここでは、10ppmのニッケルを含む溶液を用いているが、10ppmより多いニッケルを含む溶液を用いて半導体膜の結晶化を行うと、半導体膜にニッケルが偏析する領域増加し、エッチング工程が長くなってしまいうとともに、活性層にニッケル元素が残存してしまう可能性が高い。一方、10ppm未満のニッケル元素を含む溶液を用いて半導体膜の結晶化を行っても、半導体膜全体の結晶化が十分ではなく、結晶性の低い半導体膜が形成される。このため、本発明では、10ppmのニッケルを含む溶液を用いる。

#### 【0023】

図4において、試料①（破線）は、活性層に従来の作製方法により形成した結晶性半導体膜を用いた試料、具体的には半導体膜に連続発振のレーザ光を照射せ

ず、保護膜である非晶質珪素膜を成膜した試料のニッケル元素の濃度を示す。一方、試料②（実線）は、活性層に本発明により形成された結晶性珪素膜を用いた試料、具体的には半導体膜に連続発振のレーザ光を照射したのち、保護膜である非晶質珪素膜を成膜した試料のニッケル元素の濃度を表す。なお、レーザ照射条件は、Nd:YVO<sub>4</sub>のレーザの第2高調波（532 nm）を使用し、スキャン速度 50 cm/sec、オーバーラップ率 0 % である。

#### 【0024】

保護層である非晶質珪素膜（図4のcap-Si領域）では、試料①および試料②のニッケル元素濃度は、ほぼ同じである。一方、結晶性珪素膜（図4のpoly-Si領域）では、試料①のニッケル元素濃度が深さ方向に対して均一（およそ  $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）であるのに対し、試料②のニッケル元素濃度は、as-Si領域とpoly-Si領域との界面から 50 nm の領域では、ニッケル元素が高く、50～150 nm の領域では、検出下限以下の濃度（ $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ）であることが分かる。このことにより、非晶質半導体膜に金属元素を添加し、加熱して結晶性珪素膜を形成する際、加熱された半導体膜に連続発振のレーザ光を照射することにより、金属元素を半導体膜表面に偏析させることが可能であることが分かる。このため、少なくとも半導体膜の表面から 50 nm、好ましくは、金属元素が偏析した領域 50 nm を含み、かつ半導体膜として必要な膜厚を残した領域を、公知の方法にて除去することにより、不純物である金属元素濃度が少なく、且つ結晶性のよい半導体膜を形成することができる。

#### 【0025】

この連続発振のレーザ光照射による偏析の理由として以下のことが考えられる。ここでは、半導体元素の代表としてシリコンを用いる。

固相中の金属元素の溶解度  $[C_M]_S$  と、液相中の溶解度  $[C_M]_L$  との比、 $k_0$ （平衡偏析係数）は、一定であり式1で表される。

#### 【0026】

$$k_0 = [C_A]_S / [C_A]_L \quad \text{式1}$$

#### 【0027】

熔融したシリコン中の金属元素は、融液内を拡散し、シリコンの格子間位置を

占める。高温では、格子間位置を占める金属元素は、平衡濃度に達するために、速やかにバルク内を拡散する。しかし、平衡偏析係数  $k_0 < 1$  の場合、熱処理後の冷却過程では、格子間位置を占める金属元素は、低温における固溶度を超えるので、金属元素は金属シリサイドとして固相中に析出する。この場合、金属元素の拡散速度以上の速度で半導体膜が固化するとき、固相に析出した金属シリサイド中の金属元素は、固液界面近傍に集結し、液相内部に向かって拡散する。つまり、固液界面の前面で金属元素の濃度が高くなる。結晶化は、半導体膜と下地膜の界面から結晶化が始まるため、最終的に融液として存在する半導体膜の上部、即ち表面付近に金属元素が偏析する。

#### 【0028】

W. Zulehner and D. Huber: "Czochralski-grown silicon, Crystals 8: Silicon, chemical Etching, pp. 1-143, Springer-Verlag(1982)"によると、シリコン中のニッケル元素の平衡偏析係数は、 $k_0 = 3 \times 10^{-5}$ である。また、なお、鉄、コバルト、ニッケルの  $k_0$  はそれぞれ、 $8 \times 10^{-6}$ 、 $8 \times 10^{-6}$ 、 $3 \times 10^{-5}$ である。シリコンが溶融してから固化するまでの時間は、 $\mu\text{sec}$ オーダーと短時間であるため、シリコン融液中の金属元素、代表的には、ニッケル元素、コバルト元素、鉄元素等は、最終的に融液として存在する半導体膜の上部、即ち表面付近に金属元素が偏析する。

#### 【0029】

ところで、連続発振のレーザ光は、連続的にレーザ光を射出するため、従来用いていたパルスレーザ光に比べ被照射面に照射されるレーザ光のエネルギー密度が高い。従来、パルスレーザ光を結晶性半導体膜に照射しても、部分的、代表的には、非晶質半導体膜の部分や表面部分しか溶融しない。このため、結晶性半導体膜中に含まれる金属元素は、拡散及び偏析できず、半導体膜全体に分散している。一方、連続発振のレーザ光を半導体膜に照射すると、半導体膜は結晶性半導体膜を含む広域において溶融する。このため、冷却による半導体膜の再度結晶化において、融液に含まれる金属元素は、上記の偏析の反応機構により再結晶した半導体膜中の上部に偏析する。さらに、連続発振のレーザ光の照射により半導体膜は溶融されているため、再結晶化した半導体膜は欠陥の少ない膜となる。

**【0030】****【発明の実施の形態】**

図1を用いて、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を添加し、加熱して非晶質半導体膜を結晶化した後、連続発振のレーザ光を照射してゲッタリングを行う方法について説明する。

**【0031】**

図1 (A) について説明する。基板11はその材質に特段の限定はないが、好ましくはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、あるいは石英などを用いるとよい。基板11の表面には、下地膜12として、無機絶縁膜を10～200nmの厚さで形成する。図1では下地膜を1層としているが、これは2層以上でも良い。好適な下地絶縁膜の一例には、酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜等が挙げられる。

**【0032】**

次いで、下地絶縁膜上に半導体膜13を形成する。半導体膜は、公知の手段（スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により厚さは80～200nm（好ましくは100～150nm）の厚さで成膜した後、ニッケル、鉄、コバルト、白金又はパラジウム等の金属元素を含む溶液14を、半導体膜上に塗布する。なお、半導体膜に金属元素を添加する方法は、プラズマCVD法、スパッタ法等の公知の手段を用いても良い。本発明では、非晶質半導体膜を熱結晶化した後、金属元素を含む領域を除去するので、活性層となる部分及び除去する層を考慮した膜厚の非晶質半導体膜を形成する。

**【0033】**

次いで、金属元素を添加した半導体膜を400～600℃で1～12時間加熱し、結晶性半導体膜15を形成する。

**【0034】**

次いで、連続発振のレーザ光を結晶性半導体膜15に照射して、結晶性半導体膜中の金属元素16、例えば、ニッケル、鉄、コバルト、白金、パラジウム等を半導体膜表面に偏析させる。

この後、結晶性を有する半導体膜の上部、即ち金属元素を含む半導体膜の領域

を公知の方法で除去する。

その後、結晶性を有する半導体膜 17 を、フォトリソグラフィ技術を用いてパターン化し、所望の形状に形成した後、ゲート絶縁膜として第 1 の絶縁膜 19 を形成する。ゲート絶縁膜 19 は公知の手段（プラズマ CVD 法、スパッタ法など）により、厚さを 40～150 nm として絶縁膜の単層または積層構造で形成する。

#### 【0035】

続いて、ゲート絶縁膜 19 上に導電性を有する膜、例えば金属元素からなる膜を成膜し、これをフォトリソグラフィ技術を用いてパターン化してゲート電極 20 を形成する。ここでは、導電膜を単層構造としているが、2 層以上積層させてもよい。また、導電膜の材料としては、Ta、W、Ti、Mo、Al、Cu から選ばれた金属元素、またはそれらを主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。

次に、ゲート電極 20 及びゲート絶縁膜 19 の表面を覆うように絶縁膜 21 を形成する。絶縁膜 21 は、公知の手段（プラズマ CVD 法、スパッタ法など）により、厚さを 40～150 nm として絶縁膜の単層または積層構造で形成する。

#### 【0036】

次に、公知の方法により半導体膜 18 に不純物を添加しソース領域およびドレイン領域を形成する。その後、第 2 の層間絶縁膜を形成し、ソース領域およびドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、ソース領域ドレイン領域に達する配線を形成する。（図示しない）

#### 【0037】

以上の工程により、金属元素を用いて半導体膜を結晶化する際、簡易且つ短時間な方法で、半導体膜の結晶化および金属元素のゲッタリングを行うことができる。このことにより、結晶方位の配向性を単一方向に高められ、かつ大粒径の結晶粒で構成される半導体膜を、歩留まり高く形成することができる。

#### 【0038】

#### 【実施例】

### [実施例 1]

本実施例では、本発明を用いた薄膜トランジスタの作製方法について図 2 および図 3 を用いて説明する。

#### 【0039】

まず、はじめに図 2 (A) について説明する。基板 101 上に、公知の技術を用いて酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜からなる下地膜 102 を形成する。下地膜は、単層としてもよいし、2 層以上の積層構造としても良い。本実施例では、2 層の下地膜を形成し、第 1 の下地膜 102 b には、プラズマ CVD 法により 10 ~ 100 nm の窒化酸化珪素膜を、第 2 の下地膜 102 a には、プラズマ CVD 法により 50 ~ 150 nm の酸化窒化珪素膜を成膜する。

なお、本実施例ではバリウムホウケイ酸ガラスを用いる。

#### 【0040】

次いで、下地膜 102 a、102 b 上に半導体膜 104 を形成する。半導体膜 104 は、非晶質半導体膜を公知の手段（スパッタ法、LPCVD 法、またはプラズマ CVD 法等）により、80 ~ 200 nm（好ましくは 100 ~ 150 nm）の厚さで形成する。半導体膜の材料に限定はないが、好ましくは珪素または珪素ゲルマニウム（SiGe）合金などで形成すると良い。本実施例では、150 nm の非晶質珪素膜を形成する。

#### 【0041】

次に、公知の技術を用いて半導体膜の結晶性を促進する金属元素、例えばニッケル、鉄、コバルト、白金、パラジウム等を半導体膜 104 に添加したのち、半導体膜 104 を公知の結晶化処理（レーザ結晶化法、熱結晶化法）により、結晶化する。本実施例では、スピコートにより酢酸ニッケル溶液 105（重量換算濃度 10 ppm）を膜上全面に塗布し、温度 550℃ の窒素雰囲気中に 12 時間曝す。

#### 【0042】

次に、図 2 (B) について説明する。結晶性半導体膜 106 に連続発振のレーザ光を照射して、結晶性半導体膜 106 を熔融した後、冷却することにより、結晶

性半導体膜 106 中に含まれる金属元素、本実施例においてはニッケル元素を、半導体膜 106 上部に偏析させる。

なお、連続発振が可能なレーザには、半導体膜に吸収される波長域、即ち波長 100～600nm である連続発振レーザ光を適用する。レーザ発振装置としては、気体レーザ発振装置、固体レーザ発振装置が適用される。気体レーザ発振装置としては、He-Ne, Ar 等を使用したレーザ発振装置、固体レーザ発振装置としては YAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub> などの結晶に Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti 又は Tm をドープした結晶を使ったレーザ発振装置を適用する。なお、固体レーザ発振装置においては、基本波の第 2 高調波～第 4 高調波を適用するのが好ましい。

これらのレーザを用いる場合には、レーザ発振器から放射されたレーザビームを光学系で線状に集光し半導体膜に照射する方法を用いると、短時間で基板全体にレーザ光を照射することができるので効果的である。。

#### 【0043】

続いて、図 2 (C) について説明する。半導体膜から 106 から、金属元素が偏析する領域をウエットエッチング法により、除去して半導体膜 107 を形成する。エッチャントには、ヒドラジン、エチレンジアミン、ピロカテコール水溶液 (EPW)、水酸化カリウムまたはテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド溶液 (TMAH) 等を用いることができる。本実施例では、50℃のテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド溶液 (TMAH) に 500 秒浸漬して、珪素膜の上部から深さ方向へ 50 nm、即ち金属元素を有する半導体膜の領域をエッチングする。この工程により、活性領域となりうる半導体膜 106 から金属元素を除去または半導体特性に影響しない程度にまで低減することができる。このようにして作製した活性領域を有する薄膜トランジスタは、リーク電流のパスとなる金属元素の濃度が低減されているため、高い電界効果移動度を得つつオフ電流値を抑制した良好な特性を有するものになる。

次に、図 2 (D) について説明する。フォトリソグラフィーの技術を用いマスク (図示しない) を形成した後、公知のエッチング方法により、不要な部分を除去して、所望の形状の半導体膜 108 a、108 b を形成する。なお、半導体膜



108a、108bを形成した後、薄膜トランジスタのしきい値を制御するために微量な不純物元素（ボロンまたはリン）のドーピングを行ってもよい。（図示しない）。

#### 【0044】

次いで、厚さ20～150nmのゲート絶縁膜109を公知の技術を用いて成膜する。本実施例では、原料ガスの流量を $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}=4/800$ （sccm）、成膜温度を400℃として、プラズマCVD法により膜厚115nmの酸化窒化珪素膜を形成する。もちろん、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の絶縁膜（酸化珪素膜、窒化酸化珪素膜、窒化珪素膜等）を用いても良い。

#### 【0045】

次に、公知の成膜方法により、導電膜を成膜する。本実施例では、膜厚30nmの窒化タンタル膜からなる第1の導電膜110aと、膜厚370nmのタングステン膜からなる第2の導電膜110bを積層する。窒化タンタル膜およびタングステン膜は、スパッタ法で形成する。

#### 【0046】

なお、本実施例では、第1の導電膜110aを窒化タンタル膜、第2の導電膜110bをタングステン膜としたが、特に限定されず、いずれもタンタル（Ta）、タングステン（W）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、クロム（Cr）、ネオジム（Nd）から選ばれた元素、またはこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、銀—銅—パラジウム合金（AgPdCu合金）を用いてもよい。

#### 【0047】

次に、図3（A）について説明する。フォトリソグラフィーの技術を用いマスク（図示しない）を形成した後、公知のエッチング方法（RIE法、ECR法等）により、第1の導電膜110aおよび第2の導電膜110bの不要な部分を除去して、ゲート電極111a、111bを形成する。

#### 【0048】

次に、図3（B）について説明する。ゲート電極111a、111bをマスク

として、公知の技術（イオンドープ法、イオン注入法等）により半導体膜（図 3（A）の 112a、112b）に不純物元素を導入し、ソース領域およびドレイン領域 113a、113b を形成する。イオンドープ法の条件を、ドーズ量  $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を  $30 \sim 120 \text{ keV}$  とし、上記工程を行う。

本実施例では、n 型不純物をドーピングする際には、不純物のドーズ量を  $2 \times 10^{13} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を  $90 \text{ keV}$  とし、行う。なお、n 型を付与する不純物元素として 15 族に属する元素、典型的にはリン（P）または砒素（As）を用いる。本実施例では、リン（P）を含む化合物を不純物として用いる。

また、p 型不純物をドーピングする際には、不純物のドーズ量を  $3 \times 10^{13} / \text{cm}^2$  とし、加速電圧を  $60 \text{ keV}$  とし、行う。なお、p 型を付与する不純物元素には、13 族に属する元素、典型的にはボロン（B）を用いることができる。

#### 【0049】

次いで、熱処理を行って、半導体膜の結晶性の回復、およびそれぞれの半導体膜に導入された不純物元素の活性化を行う。熱処理の方法としては、ファーネスアニール炉を用いる熱アニール法、レーザアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA 法）を適用することができる。本実施例では、熱アニール法を用い、窒素雰囲気中で  $550^\circ\text{C}$  とし、4 時間加熱する。

#### 【0050】

次に、図 3（C）について説明する。第 1 の層間絶縁膜 114 及び第 2 の層間絶縁膜 115 を形成したのち、絶縁膜表面を化学的及び機械的に研磨する処理（代表的には CMP 技術）等）により平坦化してもよい。また、第 1 の層間絶縁膜 114 は、単層または積層構造として用いても良い。本実施例では、第 1 の層間絶縁膜としてプラズマ CVD 法により膜厚  $50 \text{ nm}$  の窒化珪素膜 114 を形成し、同様の方法で第 2 の層間絶縁膜として、膜厚  $400 \text{ nm}$  の酸化珪素膜 115 を形成する。なお、第 2 の層間絶縁膜には、無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料からなる膜を形成することができる。

#### 【0051】

なお、第 1 の層間絶縁膜上に第 2 の層間絶縁膜を形成する前に、熱処理（30

0～550℃で1～12時間の熱処理)を行い水素化を行ってもよい。この工程は第1の層間絶縁膜114に含まれる水素により半導体膜のダングリングボンドを終端する工程である。なお、水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)や、3～100%の水素を含む雰囲気中で300～450℃で1～12時間の熱処理を行っても良い。本実施例では、窒素雰囲気中で410℃、1時間の加熱を行う。

#### 【0052】

そして、ソース領域及びドレイン領域113a、113bに達するコンタクトホールホールを形成し、ソース領域及びドレイン領域113a、113bとそれぞれ電氣的に接続する配線116～119を形成する。

#### 【0053】

このようにして、半導体膜に達するコンタクトホールホールを形成し、配線116～119を形成する。なお、これらの配線は、膜厚100nmのチタン膜、膜厚350nmの合金膜(代表的には、アルミニウムとシリコンとの合金膜)及び膜厚100nmのチタン膜との積層膜をエッチングして形成する。なお、配線の材料としては、Ti、AlとSiとの合金に限らず、他の低抵抗材料を用いても良い。

#### 【0054】

#### [実施例2]

本実施例では、実施例1で述べた作製方法により形成する薄膜トランジスタにおいて、金属元素が半導体膜の上部に偏析した領域を除去する工程において、別の工程を示す。

#### 【0055】

実施例1に従い、結晶性半導体膜に連続発振のレーザ光を照射して、半導体膜の上部に金属元素、代表的にはニッケル元素を偏析させる。こののち、半導体膜の表面をCMP (Chemical Mechanical Polishing、化学的・機械的ポリッシング)により研磨して、半導体膜の金属元素を含む領域を除く。本実施例では、スラリーに酸化珪素を含む研磨液を用いて、半導体膜の表面の研磨を行う。この際の研磨条件は、膜質および膜厚に合わせて、適宜設定すればよい。該研磨工程によ

り、薄膜トランジスタの表面を平坦化すると共に、活性層を含む半導体膜の金属元素を除去することが可能である。すなわち、この工程を用いて作製した薄膜トランジスタは、リーク電流のパスとなる金属元素の濃度が低減されているため、高い電界効果移動度を有しつつオフ電流値を抑制した良好な特性を有するものになる。

#### 【0056】

##### [実施例3]

本実施例では、実施例2と同様に、実施例1で述べた作製方法により形成する薄膜トランジスタにおいて、金属元素が半導体膜の上部に偏析した領域を除去する工程において、別の工程を示す。

#### 【0057】

実施例1に従い、結晶性半導体膜に連続発振のレーザ光を照射して、半導体膜の上部に金属元素、代表的にはニッケル元素を偏析させる。こののち、半導体膜の表面をドライエッチング法により、半導体膜の金属元素を含む領域を除く。ドライエッチング条件は、半導体膜の膜質および膜厚によって適宜設定すればよい。本実施例では、エッチング条件を $\text{CF}_4/\text{O}_2=50/45$  (sccm) として、半導体膜の上部50nmをエッチングする。

このことにより、活性層を含む半導体膜の金属元素を除去し、残存する金属元素の濃度を低減することが可能である。すなわち、この工程を用いて作製した薄膜トランジスタは、リーク電流のパスとなる金属元素の濃度が低減されているため、高い電界効果移動度を得つつオフ電流値を抑制した良好な特性を有するものになる。

#### 【0058】

##### [実施例4]

実施例1から実施例3においては、薄膜トランジスタの作製工程に本発明を適応した例を示したが、これに限られるものではない。本発明は、薄膜ダイオード、電界放出素子等、半導体膜を用いた半導体素子に適応することができる。

#### 【0059】

##### [実施例5]

本発明を適用して、様々な電子装置（電気光学装置、発光装置、半導体回路等）を作製することができる。即ち、それら電子装置を表示部に組み込んだ様々な電子機器に本発明を適用できる。

#### 【0060】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの例を図5、図6及び図7に示す。

#### 【0061】

図5（A）はパーソナルコンピュータであり、本体3001、画像入力部3002、表示部3003、キーボード3004等を含む。本発明を適用することにより、歩留まり高く高精細な表示が可能な低消費電力のパーソナルコンピュータを作製することが出来る。

#### 【0062】

図5（B）はビデオカメラであり、本体3101、表示部3102、音声入力部3103、操作スイッチ3104、バッテリー3105、受像部3106等を含む。本発明を適用することで、歩留まり高く高精細な表示が可能なビデオカメラを作製することが出来る。

#### 【0063】

図5（C）はモバイルコンピュータ（モービルコンピュータ）であり、本体3201、カメラ部3202、受像部3203、操作スイッチ3204、表示部3205等を含む。本発明を適応することで、歩留まり高く高精細な表示が可能な低消費電力のモバイルコンピュータ（モービルコンピュータ）を作製することが出来る。

#### 【0064】

図5（D）はゴーグル型ディスプレイであり、本体3301、表示部3302、アーム部3303等を含む。本発明を適用することで、歩留まり高く高精細な表示が可能なゴーグル型ディスプレイを作製することが出来る。

**【0065】**

図5（E）はプログラムを記録した記録媒体（以下、記録媒体と呼ぶ）を用いるプレーヤーであり、本体3401、表示部3402、スピーカ部3403、記録媒体3404、操作スイッチ3405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD（Digital Versatile Disc）、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明を適用することで、歩留まり高く高精細な表示が可能なプレーヤーを作製することが出来る。

**【0066】**

図5（F）はデジタルカメラであり、本体3501、表示部3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、受像部（図示しない）等を含む。本発明を適用することで、歩留まり高く高精細な表示が可能である低消費電力のデジタルカメラを作製することが出来る。

**【0067】**

図6（A）はフロント型プロジェクターであり、投射装置3601、スクリーン3602等を含む。本発明を適用すること、歩留まり高く高輝度フロント型プロジェクターを作製することが出来る。

**【0068】**

図6（B）はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704等を含む。本発明を適用することで、歩留まり高く高輝度リア型プロジェクターを作製することが出来る。

**【0069】**

なお、図6（C）は、図6（A）及び図6（B）中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804～3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図6（C）中において矢印で示した光路に実施者が

適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

#### 【0070】

また、図6（D）は、図6（C）中における光源光学系3801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系3801は、リフレクター3811、光源3812、レンズアレイ3813、3814、偏光変換素子3815、集光レンズ3816で構成される。なお、図6（D）に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

#### 【0071】

ただし、図6に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置及び発光装置での適用例は図示していない。

#### 【0072】

図7（A）は携帯電話であり、本体3901、音声出力部3902、音声入力部3903、表示部3904、操作スイッチ3905、アンテナ3906等を含む。本発明を適用することで、歩留まり高く高精細な表示が可能である低消費電力の携帯電話を作製することが出来る。

#### 【0073】

図7（B）は携帯書籍（電子書籍）であり、本体4001、表示部4002、4003、記憶媒体4004、操作スイッチ4005、アンテナ4006等を含む。本発明を適用することすることで、歩留まり高く高精細な表示が可能である低消費電力の携帯書籍を作製することが出来る。

#### 【0074】

図7（C）はディスプレイであり、本体4101、支持台4102、表示部4103等を含む。本発明を適用したディスプレイは、特に大画面化した場合において有利であり、対角10インチ以上（特に30インチ以上）のディスプレイには有利である。

**【0075】**

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、さまざま分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例1～4のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

**【0076】****【発明の効果】**

金属元素を用いて半導体膜を結晶化する工程に於いて、結晶性半導体膜に連続発振のレーザ光を照射することにより、従来よりも簡易的で且つ数少ない工程で、結晶性を有する半導体膜で構成される薄膜トランジスタを作製することが可能である。即ち、本発明を用いることにより結晶方位の配向性が単一方向に高められ、かつ大粒径の結晶粒で構成される半導体膜で構成される薄膜トランジスタを、歩留まり高く作製することができる。また、本発明を用いることで、結晶構造を有する半導体膜を用いた半導体装置の作製方法においても、同様に歩留まりの向上を実現することができる。

**【図面の簡単な説明】**

- 【図1】** 本発明の概念の一例を示す図。
- 【図2】** 薄膜トランジスタの作製工程を示す断面図。
- 【図3】** 薄膜トランジスタの作製工程を示す断面図。
- 【図4】** 半導体膜中のニッケルの濃度を示す図。
- 【図5】** 電子機器の例を示す図。
- 【図6】** 電子機器の例を示す図。
- 【図7】** 電子機器の例を示す図。

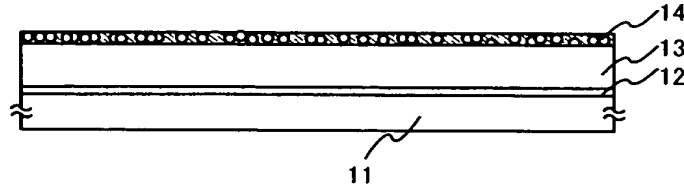




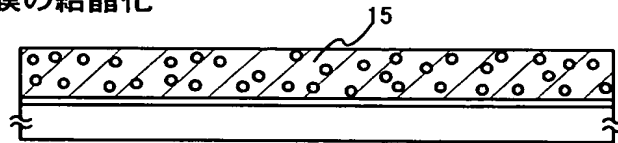
【書類名】 図面

【図 1】

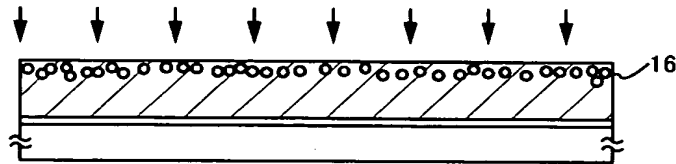
(A) 下地膜の形成／半導体膜の形成／Ni 溶液の塗布



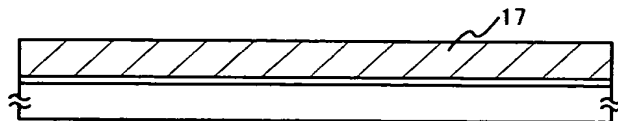
(B) 半導体膜の結晶化



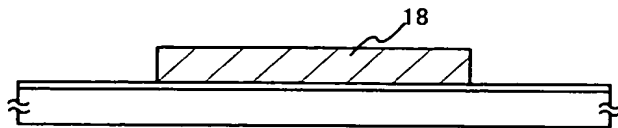
(C) レーザー照射



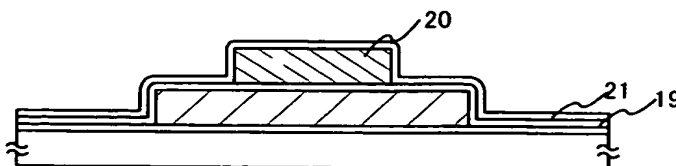
(D) Niを含む半導体膜の除去



(E) 半導体膜のパターニング及びエッチング

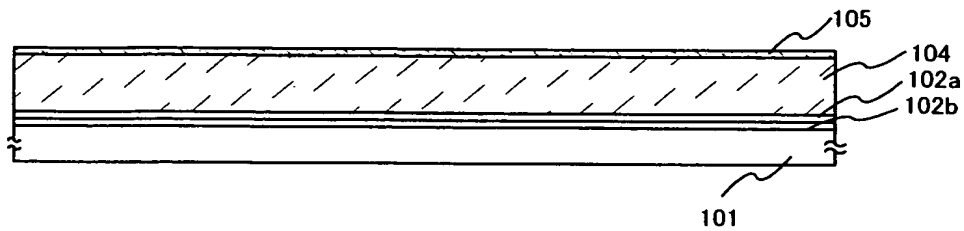


(F) ゲイト絶縁膜の形成／ゲイト電極の形成／第1の絶縁膜の形成

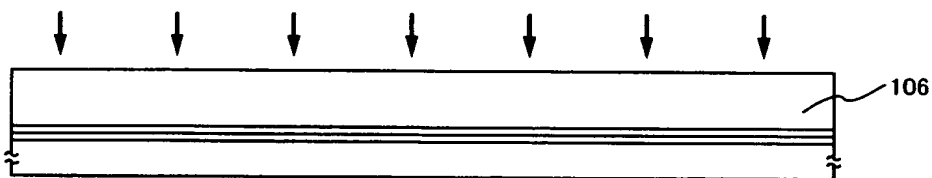


【図 2】

(A) 下地膜の形成／半導体膜の形成／Ni溶液の塗布



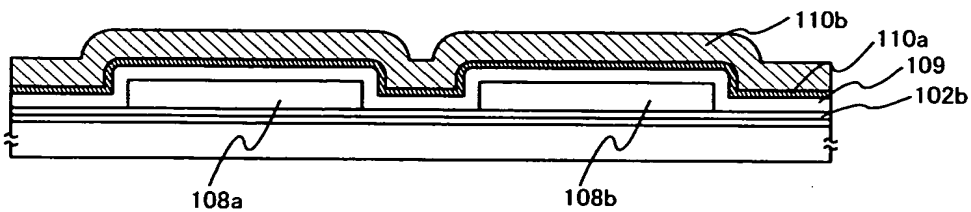
(B) 半導体膜の結晶化／レーザー照射



(C) 半導体膜上部の除去

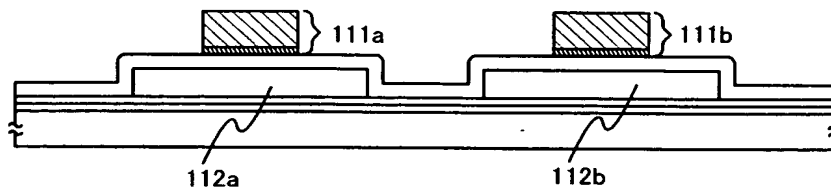


(D) 半導体膜のパターニング及びエッチング／絶縁膜の形成／第1の導電膜の形成／第2の導電膜の形成

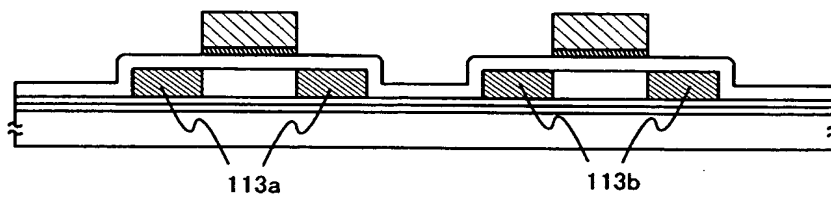
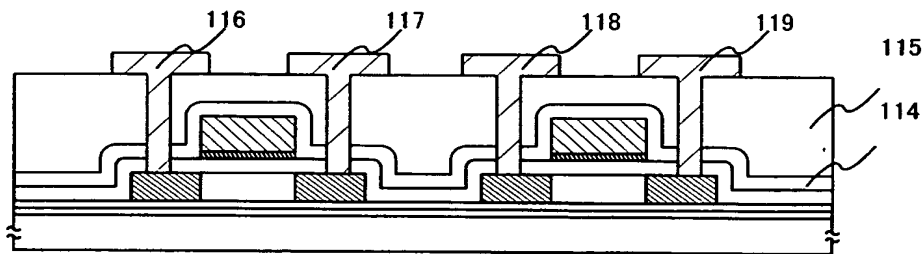


【図 3】

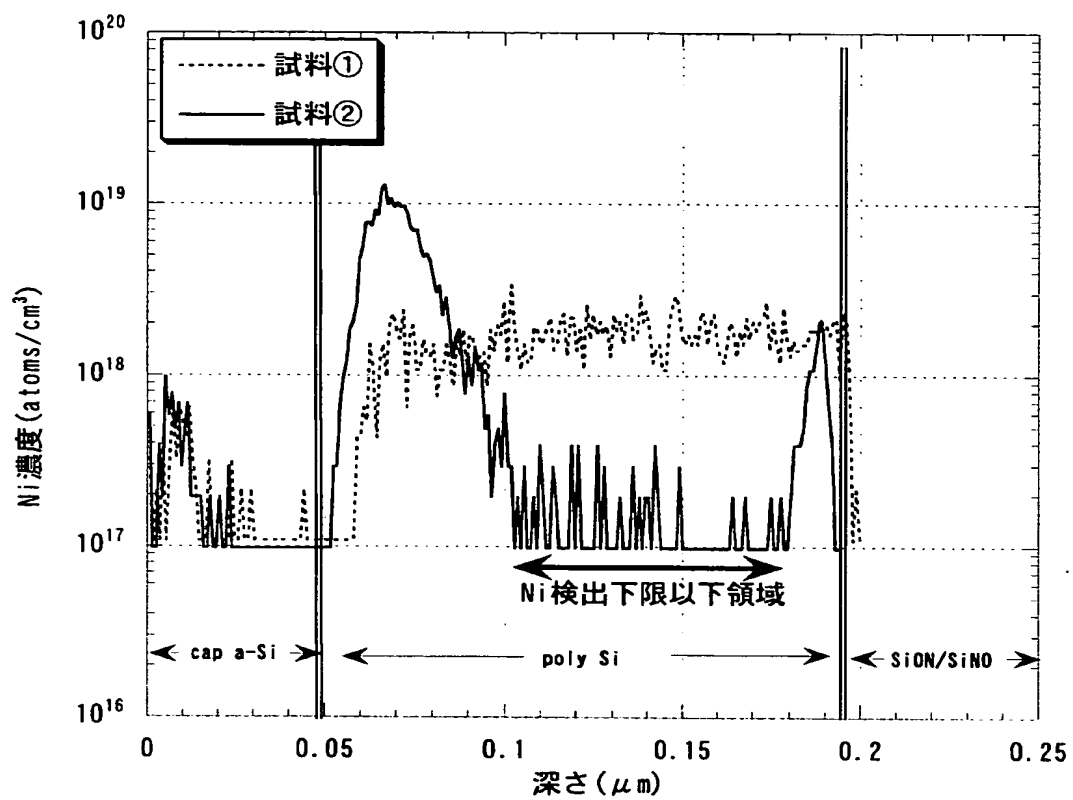
## (A) ゲイト電極の形成



## (B) 不純物領域の形成

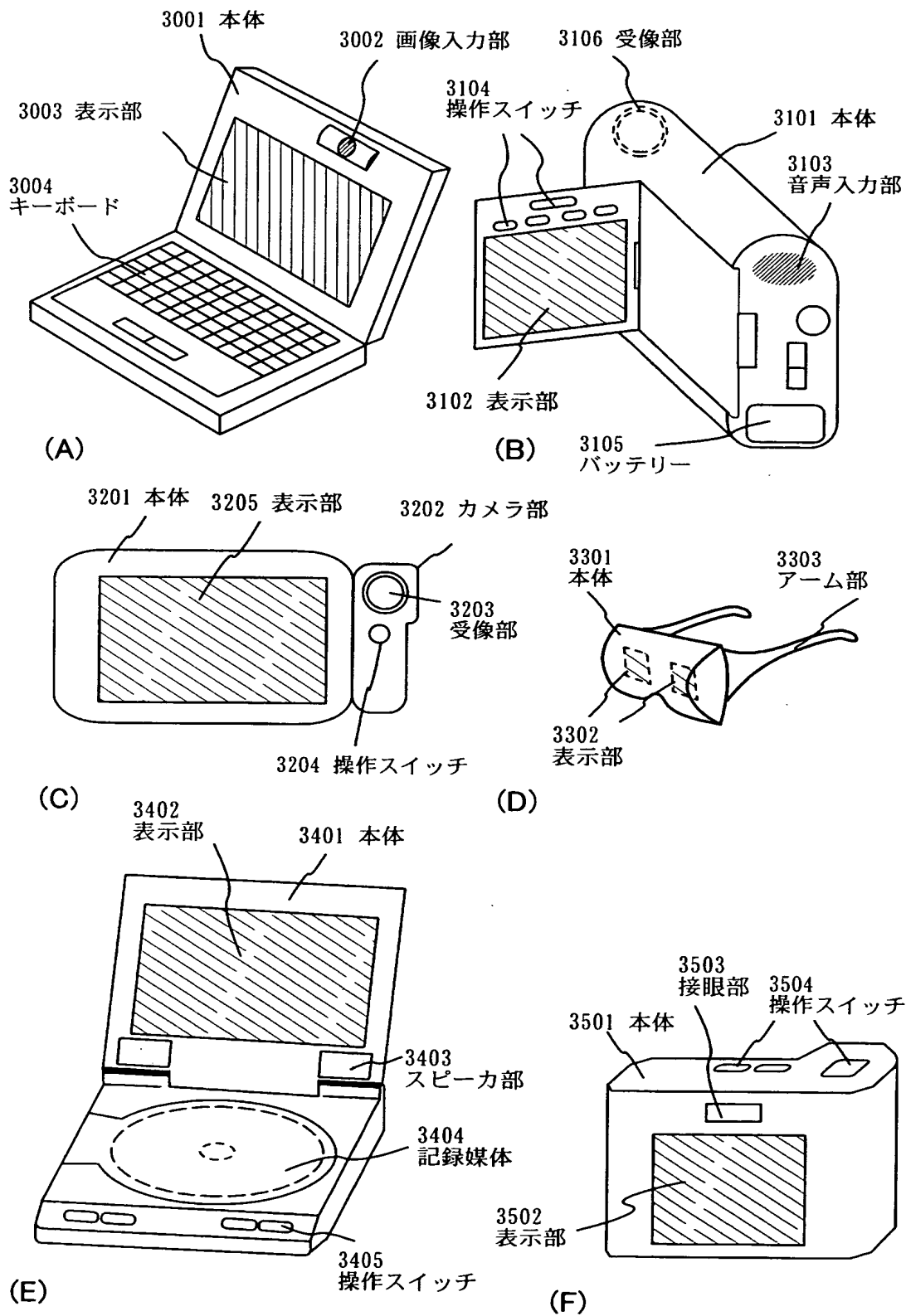
(C) 第1の絶縁膜の形成／第2の絶縁膜の形成／  
コンタクトホール形成／配線の形成

【図 4】

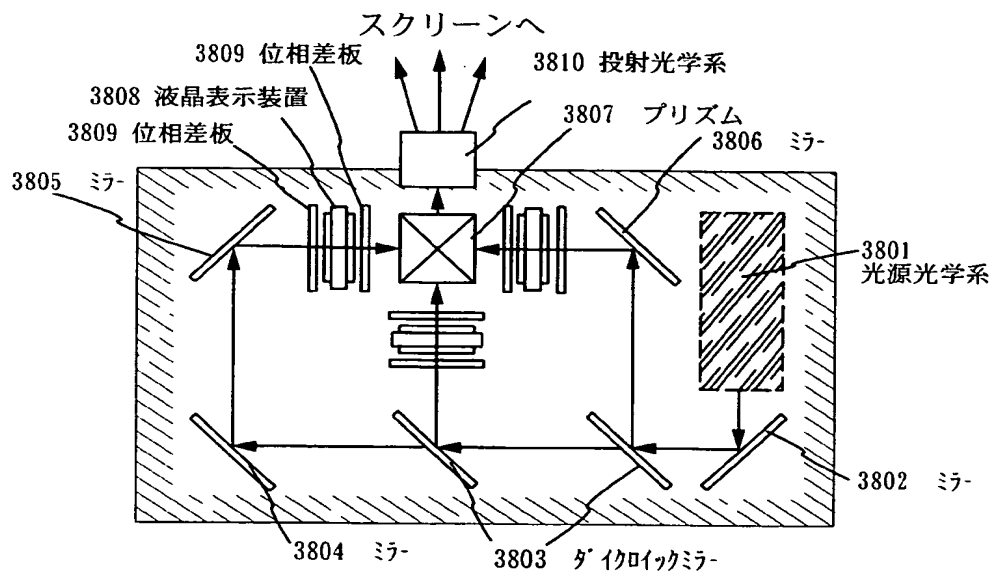
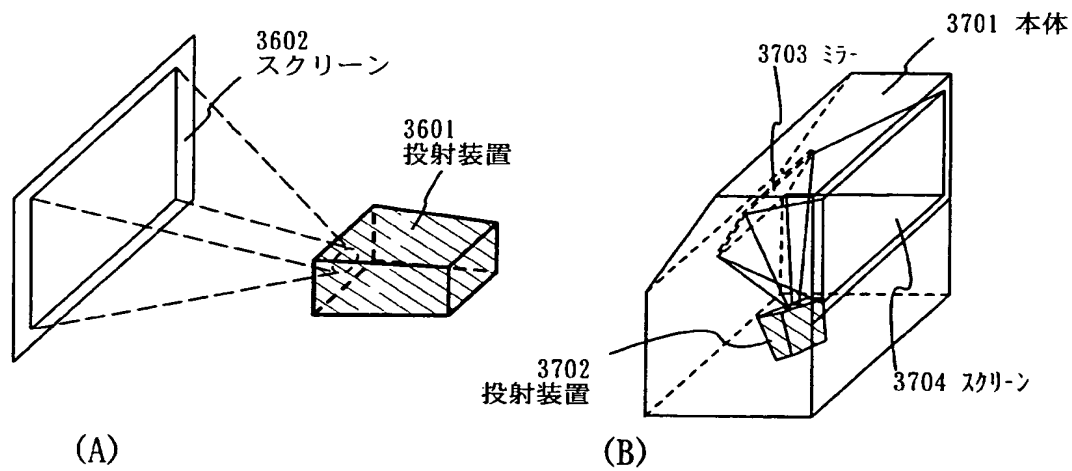


半導体膜中のNiの深さ方向の濃度  
(試料構造: cap a-Si/poly-Si/SiON/SiNO//glass)

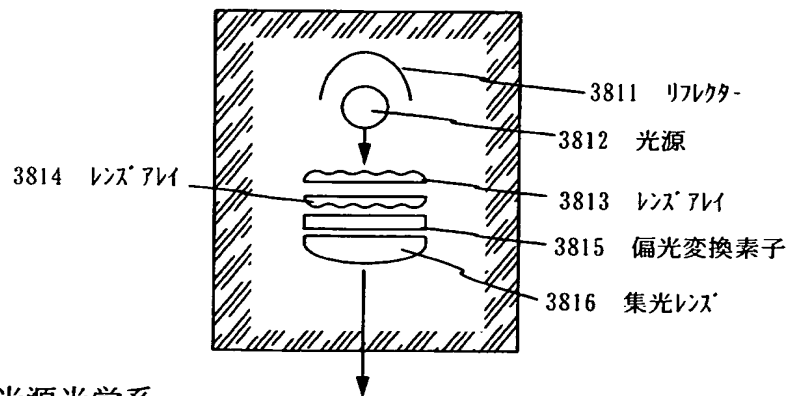
【図 5】



【図 6】

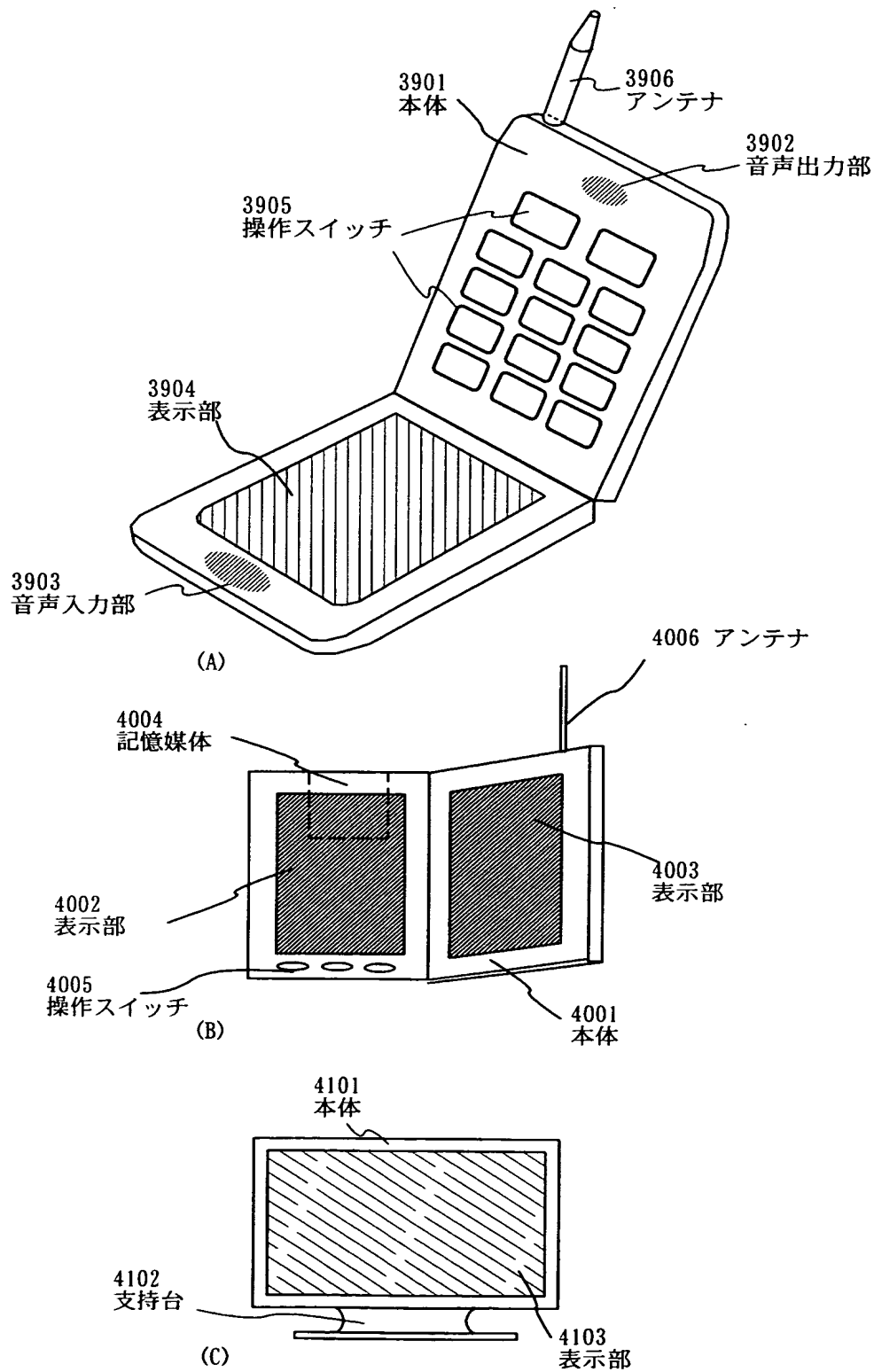


(C) 投射装置（三板式）



(D) 光源光学系

【図 7】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜から、従来と比較して工程数を増やさず、効果的に金属元素を除去する技術を提供する。

【解決手段】 本発明は、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する金属元素を添加し加熱して結晶化し、前記結晶化した半導体膜に連続発振のレーザ光を照射したのち、前記レーザ光を照射した結晶性半導体膜の上部であって金属元素を含む領域を除去することを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 2 6 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 5 3 8 7 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所